

TECHNIQUE
TO
EXAMINE AN OBJECT

Nadim Joni Shah

-and-

Karl Zilles

GERMAN
PATENT APPLICATION

JT-6 (ACFZJ 4911)

(7777*6)

"Express Mail" mailing label
number EE617838744

Date of Deposit
-December 21, 2000-

I hereby certify that this paper or fee is
being deposited with the United States Postal
Service "Express Mail Post Office to
Addressee" service under 37CFR 1.10 on the
date indicated above and is addressed to the
Assistant Commissioner for Patents,
Washington, D.C. 20231

-Carrie A. McPherson-

(Typed or printed name of person mailing
paper or fee)

Carrie A. McPherson
(Signature of person mailing paper or fee)

007440-1000

5

Verfahren zur Untersuchung eines Objekts

Beschreibung

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Untersuchung von wenigstens einem Objekt, wobei Eigenschaften des Objektes innerhalb eines durch Ortsfrequenzen gebildeten Ortsfrequenzraumes in verschiedenen Messungen erfasst werden.

15

Vorzugsweise erfolgen die verschiedenen Messungen zu verschiedenen Zeiten.

20

Untersuchungen des Ortsfrequenzraumes finden in weiten Technologiegebieten Einsatz. Da Impulsräume Ortsfrequenzräumen entsprechen, umfasst der Begriff Ortsfrequenzraum auch Impulsräume. Die Bezeichnung Ortsfrequenzraum dient zur Klarstellung, dass die Erfindung auch Verfahren betrifft, bei denen kein Impulsübertrag erfolgt.

25

Ein bekanntes Problem bei der Aufnahme von Ortsfrequenzräumen ist, dass bei einer Kombination einer hohen Ortsauflösung in Verbindung mit einer hohen Ortsfrequenzauflösung eine sehr hohe Messzeit benötigt wird.

30

Zur Lösung dieses Problems ist ein Keyhole-Verfahren bekannt. Bei diesem Verfahren wird zu wenigstens einem Zeitpunkt ein hochaufgelöstes Bild mit einer Erfassung des gesamten Ortsfrequenzraums ermittelt. In einem oder mehreren weiteren Messschritten wird ein zentraler Bereich des Ortsfrequenzraumes aufgenommen, der den Kontrast des rekonstruierten Bildes bestimmt. Anschließend wird das hochaufgelöste Bild mit dem oder den aufgenommenen Bildern der zentralen Bereiche des Ortsfrequenzraumes mathematisch so verbunden, dass auch für die andere Zeit, beziehungsweise für die anderen Zeiten, ein hochaufgelöstes Bild mit einem dem Aufnahmezeitpunkt entsprechenden Kontrast ermittelt wird.

Dieses bekannte Verfahren ist mit dem Nachteil verbunden, dass Kontraständerungen zwischen aufeinander folgenden Messungen nur dann ermittelt werden können, wenn sie eine hinreichend große räumliche Ausdehnung aufweisen.

Dieser Nachteil ist insbesondere bei einer Erfassung funktionaler Parameter störend.

So besteht beispielsweise in der funktionalen magnetischen Resonanzbildgebung ein Bedürfnis, Parameter, welche nukleare kernmagnetische Resonanzsignale beeinflussen, mit einer möglichst hohen Ortsauflösung zu erfassen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, bei dem eine Änderung von Parametern auch dann entdeckt werden kann, wenn die von der Änderung betroffenen Raumgebiete verhältnismäßig klein sind.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass verschiedene Messungen in wenigstens einem gemeinsamen Bereich des Ortsfrequenzraumes und zusätzlich in
5 voneinander verschiedenen Bereichen des Ortsfrequenzraumes erfolgen.

Vorzugsweise erfassen die Messungen den Ortsfrequenzraum in zeitlich verschiedenen Aufnahmen.

Die Erfindung sieht insbesondere vor, Bereiche des Ortsfrequenzraumes mit einer voneinander verschiedenen Häufigkeit zu untersuchen, wobei es vorzugsweise wenigstens drei verschiedene Häufigkeiten der Erfassung von Gebieten
15 gibt.

Es ist zweckmäßig, dass Messungen der Bereiche mit wenigstens drei verschiedenen Erfassungshäufigkeiten erfolgen.

Vorzugsweise wird wenigstens ein, beispielsweise zentral liegender, Bereich des Ortsfrequenzraumes in mehreren Messungen erfasst, während andere Bereiche nicht, beziehungsweise nur in einer einzelnen Messaufnahme,
25 erfasst werden.

Es ist zweckmäßig, das Verfahren so durchzuführen, dass die sich überlappenden Bereiche ein zentrales Gebiet des Ortsfrequenzraumes abdecken.

Eine vorteilhafte Durchführungsform des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass die zusätzlichen, vorzugsweise nicht

zentralen, Bereiche in dem Ortsfrequenzraum einen Abstand voneinander aufweisen, der größer ist als es ihrer ortsfrequenten Ausdehnung in Richtung auf diesen Abstand entspricht.

5

Es ist zweckmäßig, das Verfahren so durchzuführen, dass die weiteren Bereiche des Ortsfrequenzraumes sich wenigstens abschnittsweise parallel zueinander erstrecken.

10

Hierbei ist es besonders zweckmäßig, dass disjunkte Elemente der einzelnen Mengen sich in dem Ortsfrequenzraum wenigstens abschnittsweise parallel zueinander erstrecken.

15

Eine vorteilhafte Durchführungsform des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass die Messungen so durchgeführt werden, dass ein Zyklus gebildet wird, bei dem wenigstens einige der voneinander verschiedenen Bereiche des Ortsfrequenzraumes in weiteren Messungen erneut erfasst werden.

20

Eine vorteilhafte Durchführungsform des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass bei wenigstens einer Messung die erfassten Bereiche eine disjunkte Menge bilden.

25

Weitere Vorteile, Besonderheiten und zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Darstellung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnung.

30

Die Zeichnung zeigt eine schematische Darstellung einer Erfassung eines Ortsfrequenzraums mit mehreren aufeinander

folgenden Messungen.

In dem Bild ist eine Erfassung eines Ortsfrequenzraums mit $N \times N$ Punkten beispielhaft dargestellt.

5

Für eine einfachere graphische Darstellbarkeit wurde eine zweidimensionale Darstellung gewählt, jedoch ist die Erfindung keineswegs auf eine Erfassung von zweidimensionalen Ortsfrequenzräumen beschränkt, sondern eignet sich vielmehr für eine Erfassung von Ortsfrequenzräumen mit einer beliebigen Dimensionalität.

10

In einem ersten Messdurchgang werden ein zentraler Bereich 1 sowie in Abstand von dem zentralen Bereich 1 befindliche Bereiche 10 des Ortsfrequenzraums, hier dargestellt als ununterbrochene Linien, vorzugsweise im Wesentlichen parallel zu dem Ortsfrequenzraum, erfasst.

15

In einem nachfolgenden Messvorgang wird der zentrale Bereich erneut erfasst. Zusätzlich werden außerhalb des zentralen Bereiches 1 liegende weitere Bereiche 20 - dargestellt durch Strich-Punkt-Linien - des Ortsfrequenzraums erfasst. Die weiteren Bereiche 20 des Ortsfrequenzraums erstrecken sich vorzugsweise parallel zueinander und antiparallel zu den in dem vorangegangenen Messschritt aufgenommenen weiteren Bereiche 10.

20

25

Anschließend wird der Messvorgang erneut wiederholt. Bei der Wiederholung werden wiederum der zentrale Bereich 1 sowie zusätzlich weitere Bereiche 30 - Strich-Punkt-Punkt-Linien - des Ortsfrequenzraumes erfasst.

30

004422" 044422" 004422"

Durch eine lediglich selektive Erfassung von Hochfrequenzdaten bleibt der Zeitvorteil einer Keyhole-Methode im Wesentlichen erhalten. Außerdem werden Rauscheffekte unterdrückt.

5

Ferner weisen die dargestellten Bilder eine hohe räumliche Auflösung auf, wie es Gesamtaufnahmen des Ortsfrequenzraumes entspricht.

10 Es ist besonders zweckmäßig, eine geeignete SPARCE-Sequenz aufzunehmen.

Vorzugsweise entspricht ein Aufnahmemuster einer SPARCE-Sequenz der folgenden Formel:

15

$$\text{SPARCE } (f,n)=[N/2-n, N/2-f-n, N/2-2f-n, \dots (\text{KEYHOLE}) \dots - \\ N/2+3f-n, -N/2+2f-n, -N/2+f-n]$$

20 Vorteilhafterweise wird der gesamte Ortsfrequenzraum aufgenommen, wobei der Ortsfrequenzraum beispielsweise als eine $N \times N$ Aufnahme-Matrix betrachtet werden kann. Die Aufnahme-Matrix beinhaltet eine geringe Abdeckung von hohen räumlichen Frequenzen sowie eines stärker abgedeckten, 25 sogenannten Keyhole-Bereiches.

Eine SPARCE-Sequenz, $\text{SPARCE } \langle f,n \rangle$, beinhaltet Indizes f,n , wobei f ein Aufnahmefaktor und n eine Laufzeitvariable ist, wobei gilt $(0 \leq n < f)$.

30

Durch eine verhältnismäßig geringe, beziehungsweise seltene

Erfassung von Bereichen mit hohen Ortsfrequenzen wird ein Zeitvorteil realisiert und, was besonders vorteilhaft ist, Korrelationen zwischen hochfrequentem Rauschen reduziert.

- 5 Eine weitere Verbesserung lässt sich bei einem geradzahligen Samplingfaktor f dadurch erzielen, dass gerade und ungerade Echos separat erfasst werden.

Patentansprüche:

- 5 1. Verfahren zur Untersuchung von wenigstens einem
Objekt, wobei Eigenschaften des Objektes innerhalb
eines durch Ortsfrequenzen gebildeten
Ortsfrequenzraumes in verschiedenen Messungen erfasst
werden, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, dass
10 verschiedene Messungen in sich überlappenden Bereichen
des Ortsfrequenzraumes und zusätzlich in voneinander
verschiedenen Bereichen des Ortsfrequenzraumes
erfolgen.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, dass Messungen
der Bereiche mit wenigstens drei verschiedenen
Erfassungshäufigkeiten erfolgen.
- 20 3. Verfahren nach einem oder beiden der Ansprüche 1 oder
2, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t, dass die sich überlappenden
Bereiche ein zentrales Gebiet des Ortsfrequenzraumes
abdecken.
- 25 4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen
Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t, dass die zusätzlichen Bereiche
in dem Ortsfrequenzraum einen Abstand voneinander
30 aufweisen, der größer ist als es ihrer ortsfrequenten
Ausdehnung in Richtung auf diesen Abstand entspricht.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t, dass die weiteren Bereiche des Ortsfrequenzraumes sich wenigstens abschnittsweise parallel zueinander erstrecken.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t, dass bei wenigstens einer Messung Elemente der erfassten Bereiche eine disjunkte Menge bilden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass disjunkte Elemente sich in dem Ortsfrequenzraum wenigstens abschnittsweise parallel zueinander erstrecken.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t, dass die Messungen so durchgeführt werden, dass ein Zyklus gebildet wird, bei dem wenigstens einige der voneinander verschiedenen Bereiche des Ortsfrequenzraumes in weiteren Messungen erneut erfasst werden.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Untersuchung von
5 wenigstens einem Objekt, wobei Eigenschaften des Objektes
innerhalb eines durch Ortsfrequenzen gebildeten
Ortsfrequenzraumes zu verschiedenen Zeiten erfasst werden.

10 Erfindungsgemäß wird das Verfahren so durchgeführt, dass
zeitlich aufeinander folgende Aufnahmen in sich
überlappenden Bereichen des Ortsfrequenzraumes und
zusätzlich in voneinander verschiedenen Bereichen des
Ortsfrequenzraumes erfolgen.

0011221 024460

- | | |
|----|---|
| 1 | zentraler Bereich |
| 10 | weitere Bereiche des Ortsfrequenzraums |
| 5 | 20 weitere Bereiche des Ortsfrequenzraums |
| 30 | weitere Bereiche des Ortsfrequenzraums |